



71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Heinz, Rudolf, Dr., 71272 Renningen, DE; Sugg,  
Bertram, Dr., 70839 Gerlingen, DE; Jung, Steffen,  
71229 Leonberg, DE

56 Entgegenhaltungen:

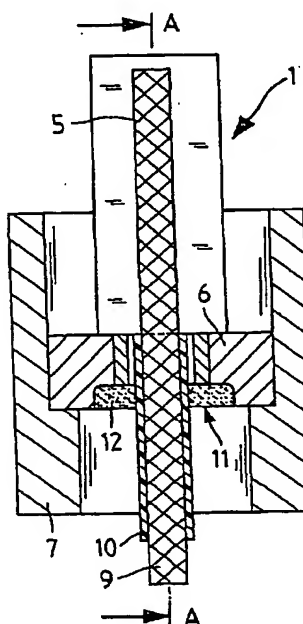
DE	199 09 452 C1
DE	199 28 176 A1
DE	197 53 930 A1
DE	196 48 545 A1
DE	33 30 538 A1
JP	02-2 66 578 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Piezoaktor

57 Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, der einen Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2, 3) und eine wechselseitige seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (2, 3) über Außenelektroden (4, 5) aufweist. Die Außenelektroden (4, 5) sind netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebracht und zumindest punktwise mit den jeweiligen Innenelektroden (2, 3) kontaktiert. Die Außenelektroden (4, 5) sind dabei derart über den Mehrschichtaufbau der Piezolagen hinaus verlängert, dass an den Verlängerungen (8, 9) die Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt.



## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden.

[0003] Solche Piezoaktoren können beispielsweise für den Antrieb von Schaltventilen bei Kraftstoffeinspritzsystemen in Kraftfahrzeugen vorgesehen werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist hier insbesondere darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau auch keine störenden Rissbildungen im Bereich der äußeren Anschluss Elektroden entstehen. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Innenelektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechselnd an gegenüberliegenden Seiten kontaktiert werden.

[0004] Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d. h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Innenelektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Innenelektroden sowie im Bereich der Kontaktierungen an den Außenelektroden auf, die zu mechanischen Spannungen und dadurch zu Rissen in den Außenelektroden führen können. Die Außenelektroden müssen dann wiederum mit Anschlusselektroden versehen werden, die in der Regel auch mechanischen Spannungen standhalten müssen.

## Vorteile der Erfindung

[0005] Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise so ausgebildet, dass mindestens eine Schicht der jeweilige Außenelektrode netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebaut und zumindest punktwise mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden sind dabei derart über den Mehrschichtaufbau der Piezolagen verlängert, dass an den Verlängerungen die Zuführung der elektrischen Spannung über entsprechende Anschlüsse erfolgt.

[0006] Gegenüber einer üblichen Lötung dieser äußeren Anschlussdrähte direkt auf der Außenelektrode nahe des Piezoaktorfußes im aktiven oder inaktiven Bereich ist erfindungsgemäß in vorteilhafter Weise erreicht, dass mit dem Anschluss an die Verlängerung der Außenelektrode eine verbesserte und mechanisch robustere Kontaktierung hergestellt ist. Bei der üblichen Lötung auf dem netz- oder siebartigen Gewebe ist die Haftung der Elektroden auf dem Piezoaktor sehr gering, so dass selbst geringe Kräfte ein Abschieben der Außenelektrode vom Piezoaktor hervorrufen können. Gemäß der Erfindung kann dann auch die Anzahl der notwendigen elektrischen Verbindungen im Bereich des Mehrschichtaufbaus verringert werden.

[0007] Dadurch, dass die Außenelektroden über den Piezoaktorfuß hinaus, im Idealfall bis zum Stecker verlängert werden, können diese somit in einem unkritischen Bereich kontaktiert werden. Weiterhin ermöglicht dies zum einen eine kostengünstige Fertigung, zum anderen wird das Prozess- und Ausfallrisiko an dieser Stelle reduziert. Vorteilhaft ist außerdem, dass auch auf einen, ev. sonst notwendigen zusätzlichen inaktiven Bereich am Mehrschichtaufbau zur Kontaktierung verzichtet werden kann, wodurch eine geringere Baulänge ermöglicht und weitere Kosten gespart werden können.

[0008] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Verlängerungen elektrisch isoliert durch das Fußteil, z. B. aus Stahl oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , des Piezoaktors geführt, an dem der Mehrschichtaufbau der Piezolagen befestigt ist. Hierbei ist es auch vorteilhaft, wenn die Verlängerungen zur Fixierung und zur Zugentlastung der Außenelektroden in einer Vergussmasse gehalten sind, welche in eine Ausnehmung des Fußteils, ggf. von einem Formteil aus Stahl oder Polymer umgeben, eingebracht sind.

[0009] Die Verlängerungen können in vorteilhafter Weise auch dadurch realisiert werden, dass die Außenelektroden im Bereich der Verlängerungen verjüngt sind. Weiterhin können die Außenelektroden auch im Bereich der Verlängerungen gefaltet oder gerollt sein.

[0010] Auf einfache Weise können die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden aus gekreuzten horizontal und vertikal verlegten oder unter  $45^\circ$  geneigt verlegten Drähten bestehen, die durch verkupfern oder verzinnen miteinander kontaktiert sind.

[0011] Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

## Zeichnung

[0012] Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoaktors werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen: [0013] Fig. 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Pizokeramik und Innenelektroden sowie einer netzartigen durch ein Fußteil verlängerten Außenelektrode;

[0014] Fig. 2 einen Schnitt an der Linie A-A im Ausführungsbeispiel nach der Fig. 1;

[0015] Fig. 3 einen Detailschnitt im Bereich der Durchführung der verlängerten Außenelektrode durch das Fußteil;

[0016] Fig. 4 eine Abwandlung des Beispiels nach den Fig. 1 bis 3 mit einem zusätzlichen Formteil im Bereich der Verlängerungen;

[0017] Fig. 5 eine Abwandlung der vorhergehenden Beispiele mit einer in der Verlängerung verjüngten Außenelektrode;

[0018] Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel mit einer in der Verlängerung gefalteten Außenelektrode;

[0019] Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel mit einer in der Verlängerung gerollten Außenelektrode;

[0020] Fig. 8 und 9 Ausführungsbeispiele der netz- oder gewebeartigen Außenelektroden und;

[0021] Fig. 10 einen Detailschnitt durch die verkupferten oder verzinnenden Drähte der netz- oder gewebeartigen Außenelektrode.

[0022] In Fig. 1 und 2 ist in verschiedenen Schnitten ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Innenelektroden 2 und 3 jeweils über Außenelektroden 4 und 5 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 in axialer Richtung erfolgt.

[0023] Der Piezoaktor ist über ein Fußteil 6 fest in ein Gehäuse 7, beispielsweise das Gehäuse eines Einspritzventils für Kraftfahrzeuge, eingebettet. Die Außenelektroden 4 und 5 weisen Verlängerungen 8 und 9 auf, an deren unterem Ende jeweils ein elektrischer Anschluss für eine Spannungsversorgung angebracht werden kann. Im Bereich der Durchführung der Verlängerungen 8 und 9 durch das Fußteil 6 und ggf. darüber hinaus sind die Verlängerungen 8 und 9 elektrisch isoliert, beispielsweise mittels eines Schrumpfschlauchs 10. Zur Fixierung und zur Zugentlastung der Außenelektroden 4 und 5 bzw. der Verlängerungen 8 und 9 sind diese in einer Ausnehmung 11 des Fußteils 6 mit einer Vergussmasse 12 umhüllt. In Fig. 3 ist der Bereich der Durchführung der Verlängerungen 8 oder 9 anhand eines Ausführungsbeispiels im Detail gezeigt.

[0024] Ein Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 zeigt Abwandlung zur Fixierung und zur Zugentlastung der Außenelektroden 4 und 5 bzw. der Verlängerungen 8 und 9 mit einem, im Fußteil 6 liegenden, Formteil 13, in das die Vergussmasse 12 eingefügt ist.

[0025] Verschiedene Ausführungsbeispiele der Elektrodenverlängerungen 8 und 9 sind in Fig. 5 bis 7 dargestellt. Nach der Fig. 5 sind die Verlängerungen 8 und 9 lediglich verjüngt, was auch dem unten gezeichneten Querschnitt der Verlängerung 9 zu entnehmen ist. Die Fig. 6 zeigt eine Verlängerung 9, die gefaltet ist und die Fig. 7 zeigt eine Verlängerung 9, die gerollt ist, was wiederum den darunter gezeichneten Querschnitten der Verlängerung 9 zu entnehmen ist.

[0026] Aus Fig. 8 ist ein netzartiger Aufbau der Außenelektrode 4 oder 5 mit horizontal und vertikal verlaufenden Drähten 14 und 15 und aus Fig. 9 ist ein vergleichbarer Aufbau mit 45° geneigten Drähten 14 und 15 zu entnehmen. Im Schnitt nach Fig. 10 ist die Lage der gekreuzten Drähte 14 und 15 mit Kontaktstellen 16, z. B. durch Verkupfern oder Verzinnen der Drähte 14 und 15, erkennbar.

#### Patentansprüche

1. Piezoaktor, mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2, 3), einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (2, 3) über Außenelektroden (4, 5), über die eine elektrische Spannung zuführbar ist, wobei die Außenelektroden (4, 5) netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebracht sind und zumindest punktwise mit den jeweiligen Innenelektroden (2, 3) kontaktiert ist und zwischen den Kontaktierungen ein dehnbarer Bereich zu liegen kommt und wobei die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden (4, 5) derart über den Mehrschichtaufbau der Piezolagen hinaus verlängert sind, dass an den Verlängerungen (8, 9) die Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt.
2. Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verlängerungen (8, 9) elektrisch isoliert (10) durch ein Fußteil (6) des Piezoaktors (1) geführt

sind, an das der Mehrschichtaufbau der Piezolagen befestigt ist.

3. Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verlängerungen (8, 9) in einer Vergussmasse (12) gehalten sind, welche in eine Ausnehmung (11) des Fußteils (6) eingebracht ist.

4. Piezoaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergussmasse (12) von einem Formteil (13) umgeben ist.

5. Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenelektroden (4, 5) im Bereich der Verlängerungen (9, 10) verjüngt sind.

6. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenelektroden (4, 5) im Bereich der Verlängerungen (8, 9) gefaltet sind.

7. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenelektroden (4, 5) im Bereich der Verlängerungen (8, 9) gerollt sind.

8. Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden (4, 5) aus gekreuzten unter 45° geneigt verlegten Drähten (14, 15) bestehen.

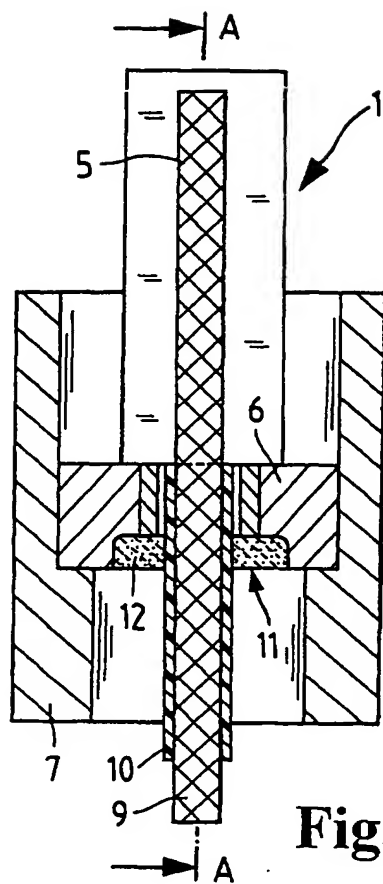
9. Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden (4, 5) aus gekreuzten horizontal und vertikal verlegten Drähten (14, 15) bestehen.

10. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Drähte (14, 15) untereinander durch verkupfern oder verzinnen miteinander kontaktiert sind.

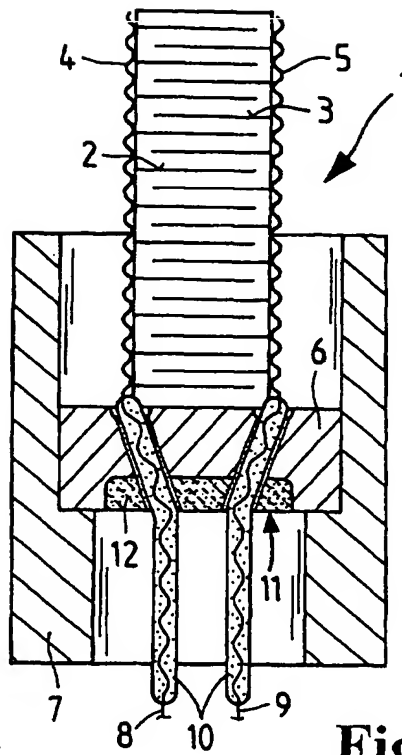
---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

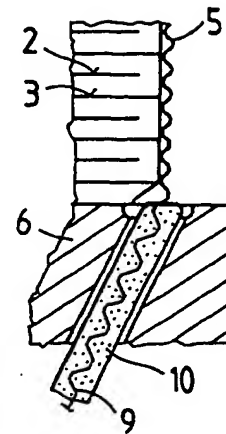
---



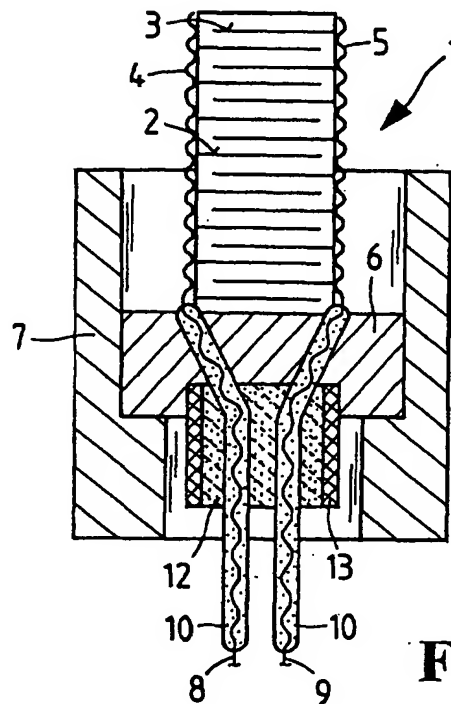
**Fig.1**



**Fig.2**



**Fig.3**



**Fig.4**

